中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）42(2)：121～132（1993）

玉米生長分化性狀在不同粒型雜種後裔與期作之變異[1]

謝光照[2]　曾富生[3]

摘要：以玉米三個硬粒種及三個馬齒種之全互交F_1及親本爲材料，分別種植於春作及秋裡作探討期作對生長分化性狀之影響。結果摘要如下：

發現品系間，期作間，粒型組合間及粒型組合×期作之交感作用在大部份性狀均達顯著。在春作，馬齒種自交系之出土至雄穗分化日數較短，而硬粒種之雄穗與雌穗分化間隔日數、單株葉面積及青割乾重均較大。在秋裡作，自交系大部份性狀與春作相類似，僅少數性狀有所差異。不同粒型組合間在春作及秋裡作的表現，有明顯的不同，其中以出土至雄穗分化日數、雄穗與雌穗分化間隔日數、葉片分化速率、單株葉面積及青割乾重等項差異最大。

玉米生長分化在春作正値低溫，秋裡作則正値高溫，致生長分化在期作間有極大的差異存在，春作顯然比秋裡作在出土至雄穗分化日數、雄穗分化始期葉片出現數目、生殖生長期葉片出現速率、單株葉面積等較大；而營養生長期葉片出現速率、雄穗與雌穗分化間隔日數、葉片分化速率均較小。

三種粒型組合間性狀的相關有很大的差異存在；且同種粒型組合，在不同期作下性狀間相關性的表現也有程度上的差別。大部份生長分化性狀與青割乾重相關不顯著，顯然不易當作青割乾重選拔之指標。

關鍵詞：硬粒種、馬齒種、粒型、全互交、分化。

作物的產量是一個相當複雜的性狀，受許多遺傳與環境因子影響。Yamaguchi（1974 a, b, c, d）指出玉米產量主要受品種、環境及栽培管理所控制。其中溫度與光週期爲影響玉米植株生長及分化的兩項重要因子，Francis *et al.*（1969, 1970）的報告指出玉米對光週期敏感，呈現短日反應；在長日及低溫下，玉米雄穗分化始期（tassel initiation）及開花期（anthesis）有延遲的現象（Francis *et al.* 1970; Breuer *et al.*, 1976）。Hunter *et al.*（1974, 1977）指出光週期與溫度對雄穗分化始期均有影響，且各基因型的反應並非固定不變，一般達到雄穗分化始期所需的天數，隨著日長的增加，有延長的現象，愈晚熟的品種所受到的影響愈大；而光週期增長時，營養生長期（即發芽至雄穗分化期）同樣也呈增加現象，且在雄穗分化始期時，植株之葉片數及植株乾物重均較大；但在較低溫下由發芽至雄穗分化始期所需的時間愈長，且基因型不同對溫度的反應也有異，然而高溫則可增加葉數。

臺灣中部春作玉米生育初期的氣溫比秋作低，影響到器官分化的速率，導致春作達到雄穗分化始

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第1663號。
2. 本所農藝系助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 國立中興大學農藝系教授。臺灣省　臺中市。

期所需的日數比秋作長（洪等，1984）。而王等（1988）報告指出玉米播種後，生育初期氣溫愈低，植株發育至雄穗分化始期時之株齡愈大。Warrington and Kanemasu（1983a）相信若以標準溫度來計算，達到雄穗分化始期大約爲播種至開花時間的前面1/3時期，一般晚熟種較早熟種達到雄穗分化所需的時期長；同時並指出平均溫度與雄穗分化始期所需日數的關係爲曲線關係，而在11～28°C範圍內則爲直線關係。

Warrington and Kanemasu（1983b）的研究結果顯示，在自然環境下，生長季節溫度的改變，特別是開花前之溫度，低溫對葉片分化速率及葉片出現速率都具有顯著的影響；在15～28°C間葉片分化速率與葉片出現速率，隨溫度的增加呈近乎直線關係，而其葉片分化與葉片出現速率，品種間沒有顯著差異存在，其值爲0.4～0.44（levaes/day）。而Aitken（1980)指出由雄穗分化至最後一片葉出現之生殖生長期葉片出現速率比從萌芽至雄穗分化始期之營養生長期之葉片出現速率爲快。一般葉片出現速率隨著溫度的增加而增加（Thiagarajah and Hunt, 1982）。王等（1988）之研究指出，在田間與生長箱高溫狀況下，玉米植株在雄穗分化始期以前之出葉速率多高於分化始期以後之出葉速率，顯示營養生長期與生殖生長，有不同的生育特性，對環境因子的反應也具有程度上的差異，並認爲臺中地區栽培玉米之生長受溫度影響較光期爲大。而玉米葉片出現速率隨基因型及發育時期的不同而有差異（Tollenaar *et al.,*（1979, 1984）。

玉米葉片數的多少，主要決定於播種至雄穗分化始期長短及頂端分生組織產生葉之速率，這兩個過程極易受溫度及光週期所影響，葉數對溫度的反應爲非直線；而葉數隨日長增加而增加，每增加一小時日照時間，葉數平均增加0.71片；基因型不同，其葉數也有所差異，愈晚熟品種在長日處理下的葉數愈多（Warrington and Kanemasu, 1983c），但此種現象又隨溫度之升高而漸不明顯（Russell and Stuber, 1983）。Tollenaar and Hunter(1983)的報告指出環境因子對葉片分化速率具有影響，玉米在4～7株齡期，延長光週期及升高溫度對光週期敏感之短日照植株均可增加葉數，且兩者具有加成作用；一般玉米由營養生長期轉爲生殖生長期，發生在總葉數的50%之株齡期。玉米的葉數隨基因型的不同而異，且受溫度及光週期修飾而改變，在較長日照及高溫下具有較多的葉數(Hesketh *et al.,* 1969)。而植株葉面積較大者，產量亦較高，短日處理則具反效果(Hunter, 1980)。

Eik and Hanway（1965）認爲玉米品種間之葉片數、葉片大小有差異存在，一般晚熟種比早熟種具有較大葉面積且葉片出現速率較快；但品種間葉片分化速率之差異則極小。

有關生長與分化性狀之關係，據Hesketh *et al.*（1969）的研究顯示，在溫度變化下，葉數與植株乾重、葉面積等有密切關係。而Arnold（1969）以8個不同基因型爲材料進行研究，發現雄穗分化時之出現葉數與總葉數呈顯著正相關。而Russell and Stuber（1984）則認爲基因型不同，其總葉數與雄穗分化始期出現葉數之相關性並不一致。

本省地處亞熱帶，適合於玉米栽培，玉米在臺灣的生產季節，主要在春作或秋（裡）作，春作播種期一月上旬至三月中旬，秋作則在八月下旬至十月中旬。此兩個期作間之氣象條件差異極大，通常春作由低溫、短日照逐漸轉爲高溫、多濕及較長日照之環境；而秋作則由高溫、長日照與多濕逐漸轉爲低溫，低濕度及較短日照之環境。玉米從種子發芽出土後，即受各種環境因子所影響，又以溫度與光週期爲影響玉米植株生長及分化的兩項重要因子。玉米用於飼料生產者，以硬粒種（flint）及馬齒種（dent）爲主，呂等（1986）的研究顯示馬齒種×馬齒種、馬齒種×硬粒種及硬粒種×硬粒種等三種粒型組合後裔之性狀的表現有差異存在。在不同栽培環境下，三種粒型組合間對環境的反應如何，有關資料尚闕如。本試驗的目的，即在探討臺灣不同期作之環境下，三種粒型組合間之生長分化性狀表現是否有所差異。

材料與方法

本試驗所使用材料，計有下列6個自交系，將其代號、名稱、系譜、起源及粒型，詳列如表1：

Table 1. Inbred lines used for diallel crosse of the experiment.

Code	Inbred	Pedigree	Origin	Kernel form
A	Hi 25	(B14A×MV Source) BC_4	Hawaii, USA	Dent
B	Hi 31	(B68×MV Source) BC_5	Hawaii, USA	Dent
C	Hi 33	(Mo17×MV Source) BC_5	Hawaii, USA	Dent
D	Antigua-2D	Antigua	Caribbean	Flint
E	SW 654	Suwan-1 derivative	Thailand	Flint
F	TA80—2598—44	(TA80—2598×Suwan-1) BC_3	TARI, Taiwan	Flint

以上述6個交系進行全互交組合，共計三十個F_1及六個自交系，於1989年秋裡作（10月7日播種）及1990年春作（2月16日播種）於農業試驗所試驗農場進行試驗。田間試驗採逢機完全區集設計，四重複。小區行長4公尺，播種時行株距80×10cm，3行區，兩粒播，發芽後一週行間拔，每穴留一株，至七葉齡時，開始進行取樣，取樣結束後，行距成爲80×20cm。

基肥以臺肥39號複合肥料（N：P_2O_5：K_2O＝12：18：12）每公頃施400公斤，於播種前施於播種溝內，澆水後進行播種，再以Atrazine殺草劑進行萌前處理，追肥於植株齊膝期培土時以硫酸銨（21%N）每公頃施375公斤。其他的田間管理工作如一般玉米栽培手册之方法行之。

各種性狀的調查方法如下：

(1)出土至雄穗分化日數（days from seedling emergence to tassel initiation）：由每小區50%以上植株出土日期至雄穗分化始期的日數（天）。

(2)雄穗分化始期葉片出現數目（leaf number at tassel initiation）：依 Warrington and Kanemasu（1983a）方法，由解剖觀察雄穗分化達2mm時，植株葉輪中顯示葉尖突出的葉片數目，以每小區取樣5株之平均值表示。

(3)營養生長葉片出現速率（leaf appearance rate in the vegetative stage）：由幼苗出土至雄穗分化始期之營養生長階段內，以看到葉尖之葉片數目爲準之葉片出現速率（雄穗分化始期葉片出現數目／出土至雄穗分化日數）。

(4)雄穗與雌穗分化間隔日數（days from tassel initiation to ear initiation）：解剖觀察雄穗分化始期與雌穗分化始期之間隔日數，以每小區取樣5株之平均值表示。

(5)生殖生長期葉片出現速率（leaf appearance rate in the reproductive stage）：由雄穗分化始期至劍葉抽出期間之葉片出現速率（片／天），以每小區取樣5株之平均值表示。

(6)葉片分化速率（leaf-initiation rate）：植株之總葉片數／出土至雄穗分化始期日數。

(7)總葉片數（total leaf number）：雄穗抽出後，每小區調查5株之平均總葉片數。

(8)單株葉面積（leaf area per plant）：於吐絲後，每小區逢機5株，由頂端往下數第八片葉的長度與最寬度的面積，再乘以0.75及9.39所獲之cm^2數值之平均值（Pearce *et al.*, 1975）。

(9)青割乾種（dry weight at dough stage）：每小區逢機取5株，分別於春作（吐絲後28天）與裡作（吐絲後50天）青割適期進行取樣，然後置於65°C烘乾機內烘七天，再秤其重量，以 g 表示。

試驗所獲之數據，先進行變方分析及平均值差異顯著性比較，及外表型相關係數之估算。

試驗進行期間（1989年10月至1990年5月）之氣象資料，包括月平均氣溫、月總日照時數及日長變化情形示如圖1（中央氣象局，1989—1990）。秋裡作月平均氣溫由25.6°C漸漸下降至16°C，呈下降趨勢；春作月平均氣溫則呈現由低溫漸漸昇高的趨勢。秋裡作的每月日照時數比春作高；秋裡作日照長度由11小時45分鐘降至12月10小時45分鐘，再降至2月的11小時20分鐘；春作日照長度則由11小時20分鐘漸漸增加至13小時45分鐘。顯示春作與秋裡作日長之變化呈相反趨勢。

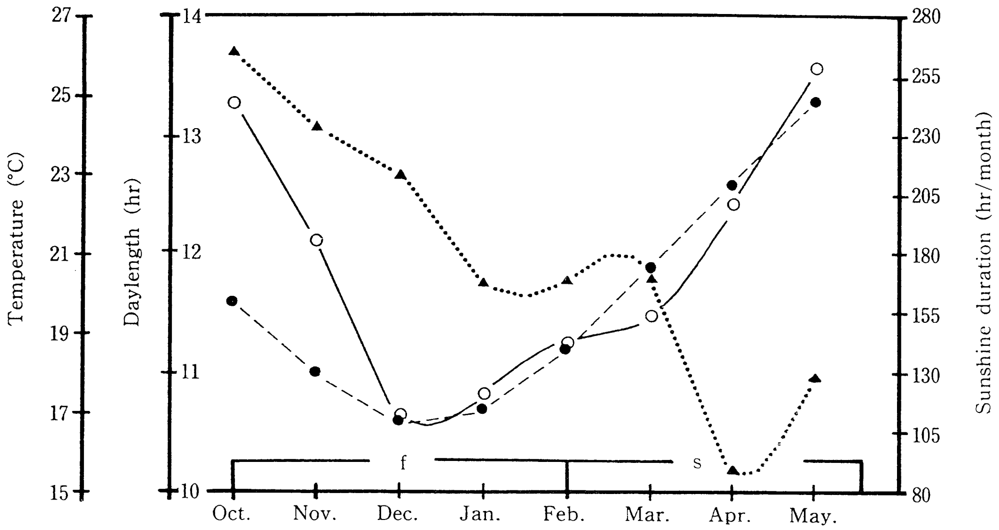

Fig. 1. Monthly mean temperature (○), sunshine duration per month (▲), and daylength (●) at Wufeng (Taichung) area from October, 1989 to May, 1990. "f" and "s" indicate fall and spring crops, respectively.

綜合而言，春作氣溫由低溫漸昇高，日長漸增加，但總日照時數則較少；秋裡作氣溫由高溫漸漸下降，日長呈減少現象，但總日照時數則較春作多。

結果與討論

玉米在臺灣的生長季節，主要在春作及秋（裡）作，由於春作由低溫、短日照逐漸轉爲高溫、多濕及較長日照，而秋作則由高溫、長日照、多濕逐漸轉爲低溫、低濕度及較短日照，因此產量及生長特性有顯著差異（洪等，1984）。一般溫度及光週期爲影響玉米植株生長及分化的兩項重要因子，春作玉米營養生長期間正值低溫與短日照；秋作玉米營養期則逢高溫、長日照。在此種不同期作的環境下（圖1），探討不同粒型組合之玉米的生長分化之反應在育種上是一很重要的問題。本試驗依子粒型將親本自交系分爲馬齒種及硬粒種兩組，而30個 F_1 雜種，依硬粒種及馬齒種兩種子粒型之各種組合方式，區分爲(1)馬齒種同粒型，(2)硬粒種同粒型，(3)馬齒種×硬粒種異粒型等三類進行比較。試驗結果發現，品系間、粒型組合間、期作間及粒型組合×期作間之交感作用，在大部份性狀均呈極顯著差異（Table 2），顯示玉米生長分化性狀會因基因型及栽培環境之不同而形成差異，與Russell and Stuber（1984）與Kang and Gorman（1989）之試驗結果類似。

Table 2. Mean squares from combined ANOVA for growth and differentiation characters of maize grown in the spring and fall crop seasons.

Source	df	Days from S. E. to T. I.	Leaf number at T. I.	LAR in the V. S.	Days from T. I. to E. I.	LAR in the R. S.	L. I. rate	TLN	Leaf area per plant	Dry weight at dough stage
Season (S)	1	8,050.7**	25.32**	1.622**	273.19**	0.1573**	3.5754**	56.18**	25,789**	145
Block／seasons	6	0.5**	0.17**	0.003	0.13	0.0002	0.0011**	0.04	242	61
Genotype (G)	35	19.9**	1.02**	0.006**	6.12**	0.0025**	0.0157**	2.19**	3,869**	3,023**
Combination (C)	(2)	87.4**	0.11	0.006	7.77**	0.1155**	0.0459**	4.98**	28,892**	30,599**
Within Dent×Dent	(8)	27.0**	0.71**	0.005**	11.84**	0.0019**	0.0274**	3.29*	4,445**	1,682**
Within Dent×Flint	(17)	11.2**	1.22**	0.001**	3.74**	0.0034**	0.0047**	1.78*	907**	359**
Within Flint×Flint	(8)	14.5**	1.15**	0.015	5.04**	0.0012**	0.0199**	1.26**	3,330**	3,132**
S×G	35	5.7**	0.58**	0.004	5.45**	0.0020**	0.0065**	2.11**	543**	273**
S×C	(2)	4.9**	0.12	0.000	9.74**	0.0005	0.0509**	1.07	1,232**	341*
Within S×D×D	(8)	8.6**	0.31**	0.002**	3.58**	0.0024**	0.0118**	2.00	510**	409**
Within S×D×F	(17)	4.9**	0.51**	0.000**	3.89**	0.0020**	0.0056**	2.51**	188**	144
Within S×F×F	(8)	4.6**	1.13**	0.013	9.53**	0.0017**	0.0039**	1.62**	1,159**	396**
Error	210	0.1	0.07	0.004	0.17	0.0003	0.0003	0.96	77	78

*,**Significant at 5% and 1% levels, respectively.

S. E. : seedling emergence　LAR : leaf appearance rate　L. I. : leaf initiation
T. I. : tassel initiation　E. I. : ear initiation　TLN : total leaf number
V. S. : vegetative stage　R. S. : reproductive stage

在春作環境下，自交系馬齒種較硬粒種具有較少的出土至雄穗分化日數，而雄穗與雌穗分化間隔日數、單株葉面積、青割乾重均以硬粒種較大。不同粒型組合間之表現，顯示硬粒種同粒型組合，其出土至雄穗分化日數、總葉片數及青割乾重等性狀之值較大；異粒型組合，其出土至雄穗分化日數及雄穗分化始期葉片出現數目均較少，而其雄穗與雌穗分化間隔日數、葉片分化速率、總葉片數等均較大；馬齒種同粒型組合，其出土至雄穗分化日數、雄穗分化始期葉片出現數目、營養生長期葉片出現速率、雄穗與雌穗分化間隔日數、生殖生長期葉片出現速率等性狀介於異粒型與硬粒種同粒型之間，而其葉片分化速率、總葉片數、單株葉面積與青割乾重等性狀均較少 (Table 3) 。

在秋作環境下，自交系馬齒種比硬粒種具有出土至雄穗分化日數較短、雄穗與雌穗分化間隔日數較長，總葉片數、單株葉面積及青割乾重較小的趨勢。至於不同粒型組合之表現，顯示馬齒種同粒型組合較硬粒種同粒型組合，在出土至雄穗分化所需日數及雄穗與雌穗分化間隔日數均較長，葉片分化速率較慢、總葉片數較少、單株葉面積及青割乾重均較小的現象；異粒型組合，除單株葉面積、青割乾重與硬粒種型相近似外，其餘性狀均界於兩同粒型之間 (Table 4) ，與 Eik and Hanway (1965) 認爲葉片數、葉片大小及 Tollenaar *et al.* (1984) 認爲葉片出現速率隨品種基因型而異之結果類似。

Table 3. Means of the growth and differentiation characters of maize grown in the spring crop season.

Hybrid and inbred	Days from S. E. to T. I.	Leaf number at T. I. (leaves)	LAR in the V. S. (leaves/day)	Days from T. I. to E. I.	LAR in the R. S. (leaves/day)	L. I. rate (leaves/day)	TLN (leaves)	Leaf area per plant (cm^2)	Dry weight at dough stage (g/5 plant)
				Dent × Dent					
A × B	33.9	11.8	0.34	2.9	0.25	0.57	19.5	4,509	475
A × C	31.8	11.0	0.35	5.6	0.26	0.57	17.7	6,150	823
B × C	31.8	11.4	0.36	5.0	0.28	0.61	19.7	5,907	907
B × A	35.1	11.6	0.33	2.5	0.27	0.54	19.3	4,703	733
C × A	31.4	11.1	0.35	4.7	0.26	0.55	17.5	5,598	750
C × B	32.9	11.8	0.36	4.2	0.25	0.58	19.1	6,152	900
x̄	32.8	11.4	0.35	4.1	0.26	0.57	18.8	5,503	765
				Flint × Flint					
D × E	34.2	11.1	0.32	5.4	0.26	0.55	19.0	6,302	1,017
D × F	33.9	12.2	0.35	3.4	0.24	0.56	19.3	5,702	934
E × F	32.0	11.2	0.35	5.4	0.26	0.61	19.7	5,772	909
E × D	34.0	11.9	0.35	3.5	0.27	0.58	19.9	5,767	1,117
F × D	34.0	11.8	0.34	3.3	0.27	0.58	19.9	5,403	922
F × E	31.8	11.3	0.35	3.5	0.28	0.63	20.2	5,872	1,108
x̄	33.3	11.5	0.34	4.1	0.27	0.59	19.6	5,798	1,001
				Dent × Flint					
A × D	31.9	11.2	0.35	4.7	0.26	0.59	19.0	6,048	935
A × E	31.8	11.2	0.35	4.5	0.26	0.59	19.0	6,367	938
A × F	31.7	11.4	0.36	4.8	0.29	0.62	19.9	5,830	991
B × D	32.0	11.9	0.37	4.7	0.27	0.63	20.3	6,118	1,055
B × E	32.5	12.1	0.37	3.8	0.52	0.61	19.9	6,237	1,123
B × F	32.0	11.9	0.36	4.4	0.28	0.63	20.4	5,648	1,042
C × D	30.7	11.0	0.35	5.5	0.24	0.55	17.1	6,530	1,057
C × E	30.4	10.9	0.35	4.0	0.22	0.58	17.7	6,753	977
C × F	30.4	10.8	0.35	4.5	0.26	0.56	17.2	6,034	763
D × A	32.0	11.4	0.35	4.5	0.26	0.61	19.6	6,297	1,052
D × B	32.1	11.7	0.36	6.9	0.24	0.60	19.5	5,962	1,050
D × C	31.9	11.2	0.35	5.2	0.28	0.62	19.9	6,476	1,003
E × A	31.4	11.1	0.35	4.6	0.27	0.61	19.2	6,348	1,077
E × B	34.9	11.8	0.33	2.0	0.28	0.57	20.0	5,944	1,141
E × C	29.4	10.9	0.37	4.6	0.20	0.59	17.4	6,324	1,053
F × A	33.3	11.8	0.35	3.5	0.27	0.58	19.4	5,789	938
F × B	34.8	12.0	0.34	3.9	0.31	0.59	20.7	5,626	1,036
F × C	30.7	10.7	0.35	4.2	0.28	0.57	17.7	5,542	945
x̄	31.9	11.4	0.35	4.4	0.26	0.59	19.1	6,104	1,010
				Dent					
A	34.0	11.3	0.33	2.4	0.26	0.55	18.7	4,067	391
B	37.0	11.7	0.31	4.2	0.25	0.52	19.5	3,646	611
C	31.1	10.5	0.33	3.7	0.19	0.51	15.9	5,284	464
x̄	34.0	11.2	0.33	3.4	0.23	0.53	18.0	4,332	489
				Flint					
D	34.1	11.0	0.32	4.8	0.23	0.53	18.1	5,116	753
E	35.0	10.6	0.30	4.7	0.24	0.51	18.1	5,353	765
F	35.0	12.4	0.35	4.9	0.24	0.55	19.5	3,659	673
x̄	34.7	11.3	0.32	4.8	0.24	0.53	18.6	4,709	740
L. S. D. 5%	0.4	0.3	0.01	0.5	0.02	0.01	0.5	348	110
L. S. D. 1%	0.5	0.4	0.02	0.7	0.03	0.02	0.7	462	146

S. E. : seedling emergence
T. I. : tassel initiation
V. S. : vegetative stage
LAR : leaf appearance rate
E. I. : ear initiation
R. S. : reproductive stage
L. I. : leaf initiation
TLN : total leaf number

Table 4. Means of growth and differentiation characters of maize grown in the fall crop season.

Hybrid and inbred	Days from S. E. to T. I.	Leaf number at T. I. (leaves)	LAR in the V. S. (leaves/day)	Days from T. I. to E. I.	LAR in the R. S. (leaves/day)	L. I. rate (leaves/day)	TLN (leaves)	Leaf area per plant (cm^2)	Dry weight at dough stage (g/5 plant)
				Dent×Dent					
A×B	23.5	11.0	0.47	4.8	0.17	0.72	17.0	3,371	569
A×C	18.7	10.5	0.56	8.7	0.22	0.93	17.4	4,642	554
B×C	20.5	10.9	0.53	7.2	0.22	0.89	18.3	4,654	780
B×A	20.7	10.7	0.51	7.5	0.20	0.85	17.7	4,023	606
C×A	20.9	10.6	0.51	7.4	0.22	0.82	17.2	5,114	812
C×B	20.2	10.6	0.52	6.9	0.22	0.83	16.9	5,007	763
$\bar{x}$	20.7	10.7	0.52	7.1	0.21	0.84	17.4	4,464	681
				Flint×Flint					
D×E	24.9	10.8	0.68	4.9	0.20	0.72	18.0	5,780	1,093
D×F	21.0	11.0	0.52	7.6	0.21	0.87	18.3	5,430	1,124
E×F	22.0	11.0	0.49	6.5	0.21	0.83	18.7	5,283	1,105
E×D	22.0	10.2	0.46	7.0	0.20	0.81	17.9	5,947	1,077
F×D	23.0	11.4	0.49	6.5	0.23	0.80	18.6	4,984	1,098
F×E	22.0	10.9	0.49	7.0	0.22	0.84	18.5	5,325	1,324
$\bar{x}$	22.4	10.9	0.52	6.6	0.21	0.81	18.3	5,458	1,137
				Dent×Flint					
A×D	20.7	10.2	0.49	7.4	0.20	0.82	17.0	5,043	977
A×E	20.2	10.5	0.52	7.6	0.22	0.89	18.0	5,530	877
A×F	20.7	10.8	0.52	7.2	0.18	0.81	16.9	5,129	1,066
B×D	21.2	11.1	0.52	6.8	0.19	0.84	17.7	5,442	1,021
B×E	21.6	10.5	0.48	6.9	0.22	0.85	18.4	5,677	1,024
B×F	20.6	11.2	0.54	7.1	0.16	0.80	16.5	5,172	1,096
C×D	20.1	10.6	0.52	7.6	0.20	0.84	17.1	5,462	1,062
C×E	21.0	10.4	0.49	7.8	0.22	0.82	17.3	6,129	1,113
C×F	20.7	10.7	0.51	6.9	0.23	0.87	18.0	4,887	901
D×A	21.0	10.7	0.50	7.1	0.24	0.87	18.4	5,363	1,071
D×B	25.0	11.4	0.45	5.0	0.20	0.70	17.7	5,358	1,023
D×C	21.0	10.4	0.49	6.8	0.23	0.85	18.0	5,843	1,019
E×A	21.0	10.5	0.50	6.3	0.21	0.81	17.0	5,897	906
E×B	20.9	10.6	0.50	6.4	0.20	0.85	17.9	5,839	1,124
E×C	21.4	10.8	0.50	6.9	0.18	0.80	17.2	6,173	960
F×A	22.5	11.4	0.50	9.2	0.24	0.79	17.9	5,531	1,053
F×B	25.1	12.1	0.48	3.8	0.26	0.76	19.1	4,788	1,013
F×C	22.6	11.4	0.50	6.0	0.25	0.80	18.1	5,244	1,037
$\bar{x}$	21.5	10.8	0.50	6.6	0.21	0.82	17.7	5,472	1,019
				Dent					
A	23.2	10.6	0.45	4.6	0.19	0.68	15.8	3,648	456
B	25.0	11.3	0.45	4.8	0.19	0.73	18.4	3,741	685
C	24.3	10.7	0.44	4.3	0.22	0.67	16.4	4,438	616
$\bar{x}$	24.1	10.8	0.45	4.6	0.20	0.69	16.8	3,942	586
				Flint					
D	26.0	11.2	0.43	3.1	0.26	0.71	18.4	3,368	611
E	26.0	10.2	0.39	3.2	0.19	0.68	17.8	5,244	745
F	24.0	10.4	0.43	4.8	0.21	0.71	17.2	4,814	610
$\bar{x}$	25.3	10.6	0.42	3.7	0.22	0.70	17.8	4,475	655
L. S. D. 5%	0.5	0.3	0.08	0.6	0.02	0.02	0.5	427	136
L. S. D. 1%	0.6	0.5	0.15	0.8	0.03	0.03	0.6	566	180

S. E. : seedling emergerce　LAR : leaf appearance rate　L. I. : leaf initiation
T. I. : tassel initiation　E. I. : ear initiation　TLN : total leaf number
V. S. : vegetative stage　R. S. : reproductive stage

大部份性狀均呈現期作與粒型組合間之交感作用，隨著各性狀的不同，自交系粒型及粒型組合間在春作及秋裡作的表現有明顯的不同存在（Tables 2、3及4）。雜交種的表現情形就有很大的差異存在，例如出土至雄穗分化日數：春作爲硬粒種同粒型＞馬齒種同粒型＞異粒型；秋裡作爲硬粒種同

粒型＞異粒型＞馬齒種同粒型。雄穗與雌穗分化間隔日數：春作三種粒型組合間並沒有太大的差異存在；秋裡作則呈現馬齒種同粒型＞硬粒種同粒型與異粒型。葉片分化速率：春作異粒型與硬粒種同粒型明顯的大於馬齒種同粒型；而秋裡作爲馬齒種同粒型＞異粒型＞硬粒種同粒型。單株葉面積：春作爲異粒型＞硬粒型同粒型＞馬齒種同粒型；秋裡作下，異粒型組合與硬粒種同粒型間並沒有明顯差異存在，但兩者均大於馬齒種同粒型。由各性狀的綜合表現，導致春作在吐絲後28天之整株乾重爲異粒型與硬粒種間沒有明顯差異，但均較馬齒種同粒型爲大；秋裡作在吐絲後50天時之整株乾重爲硬粒種同粒型＞異粒型＞馬齒種同粒型。由上述可看出硬粒種與馬齒種間之雜交玉米在臺灣不同期作下各有不同的生育特性及環境適應性（Hasllauer and Malithano, 1976）。

春作的氣溫由低溫逐漸升高，同時日照的長度由11小時20分鐘漸漸增長爲13小時45分鐘；秋裡作，氣溫則由高溫漸漸下降，日長呈現縮短現象，玉米生長分化在春作正值低溫，秋作則正值高溫致生長分化上有極大的差異存在。春作顯然比秋裡作在出土至雄穗分化日數較長，雄穗分化始期葉片出現數目較多，營養生長期葉片出現速率較慢，雄穗與雌穗分化間隔日數較短，生殖生長期葉片出現速率較快，葉片分化速率較小，單株葉面積較大（Table 4），與王等（1988）指出播種後生育初期氣溫越低，植株發育至雄穗分化始期時之株齡較大（即葉片數較多），及洪等（1984）認爲春作玉米生育初期的氣溫比秋作低，影響到器官分化的速率，導致春作達到雄穗分化始期所需之日數比秋作長之結果類似，因而推論在臺中地區玉米之生長受溫度的影響較光期爲大。而Breuer *et al.*（1976），Francis *et al.*（1970），Hunter *et al.*（1974, 1977）等均指出光週期與溫度均會影響玉米的生長分化，更可顯示本試驗之春作及秋裡作，玉米植株生長分化及整乾株重均有極大差異的可能原因。

有關生長分化性狀間之相關，據Hesketh *et al.*（1969）的研究顯示，在變溫度環境下，葉片數目與植株乾重、葉面積有密切關係；而Arnold（1969）發現雄穗分化時出現葉片數與總葉片數呈顯著正相關。但有報告且指出，基因型不同，其總葉片數與雄穗分化始期出現葉片數間之相關性並不完全一樣（Russell and Stuber, 1984），然而Hebert（1990）則認爲玉米早期葉片出現速率與總乾物重有密切相關，可當作選拔指標。本試驗相關分析顯示三種粒型組合間，性狀的相關性有很大的差異；在同粒型組合，在不同期作下，性狀間相關性之表現也有程度上的差別存在（Tables 5，6及7）。在馬齒種同粒型內，不同期作下，相關係數呈現相同反應趨勢且達顯著的性狀有出土至雄穗分化日數與營養生長期葉片出現速率，營養生長期葉片出現速率與葉片分化速率，單株葉面積與青割乾重等；不論春作或秋裡作環境下，單株葉面積的大小可當作青割乾重選拔的指標。在異粒型組合內之雄穗分化始期葉片出現數目及總葉片數，在春作可當作青割乾重選拔之指標，而秋作環境下，生長分化性狀則不適合當作青割乾重選拔之指標。硬粒種同粒型內，在春作環境下，生殖生長期葉片出現速率、單株葉面積與青割乾重達顯著相關；而秋裡作環境下，僅出土至雄穗分化日數、雄穗與雌穗分化間隔日數及葉片分化速率與青割乾重達顯著正相關，可當秋裡作青割乾重之選拔指標。

Table 5. Means of growth and differentiation characters across all maize genotype in the spring and fall crop season.

Crop Season	Days from S. E. to T. I.	Leaf number at T. I. (leaves)	LAR in the V. S. (leaves/day)	Days from T. I. to E. I.	LAR in the R. S. (leaves/day)	L. I. rate (leaves/day)	TLN (leaves)	Leaf area per plant (cm^2)	Dry weight at dough stage (g/5 plant)
Spring	32.6^a	11.4^a	0.35^b	4.3^b	0.26^a	0.58^b	18.8^a	5,690^a	902^a
Fall	22.1^b	10.8^b	0.50^a	6.3^a	0.21^b	0.80^a	17.9^b	5,091^b	916^a

Means with the same letter within each colume are not significantly different at LSD 0.01.
S. E. : seedling emergence　LAR : leaf appearance rate　L. I. : leaf initiation
T. I. : tassel initiation　E. I. : ear initiation　TLN : total leaf number
V. S. : vegetative stage　R. S. : reproductive stage

Table 6. Correlation coefficients among growth and differentiation characters of maize with dent×dent kernel type in the spring and fall crop seasons.

Character	Crop season	Days from S. E. to T. I.	Leaf number at T. I.	LAR in the V. S.	Days from T. I. to E. I.	LAR in the R. S.	L. I. rate	TLN	Leaf area per plant
Leaf number at T. I.	S	0.69**							
	F	0.64**							
LAR in the V. S.	S	−0.78*	−0.09						
	F	−0.97**	−0.47						
Days from T. I. to E. I.	S	−0.54	−0.29	0.53					
	F	−0.95**	−0.49	0.96**					
LAR in the R. S.	S	0.14	0.57	0.30	0.15				
	F	−0.56	−0.44	0.54	0.56				
L. I. rate	S	−0.30	0.38	0.75*	0.36	0.75*			
	F	−0.91**	−0.31	0.97**	0.96**	0.55			
TLN	S	0.64	0.92**	−0.08	−0.21	0.73*	0.53		
	F	−0.19	0.55	0.37	0.41	0.16*	0.57		
Leaf area per plant	S	−0.82**	−0.30	0.89**	0.66**	0.12	0.54	−0.30	
	F	−0.65	−0.49	0.60	0.63	0.92**	0.58	0.10	
Dry weight at dough stage	S	−0.28	0.19	0.59	0.67*	0.54	0.64	0.25	0.73*
	F	−0.26	0.20	0.32	0.35	0.57	0.41	0.52	0.70*

*,**Significant at 5% and 1% levels, respectively. S : Sprng , F : Fall.
S. E. : seedling emergence LAR : leaf appearance rate L. I. : leaf initiation
T. I. : tassel initiation E. I. : ear initiation TLN : total leaf number
V. S. : vegetative stage R. S. : reproductive stage

Table 7. Correlation coefficients among growth and differentiation characters of miaze with dent×flint kernel type in the spring and fall crop seasons.

Character	Crop season	Days from S. E. to T. I.	Leaf number at T. I.	LAR in the V. S.	Days from T. I. to E. I.	LAR in the R. S.	L. I. rate	TLN	Leaf area per plant
Leaf number at T. I.	S	0.78**							
	F	0.80**							
LAR in the V. S.	S	−0.50*	0.12						
	F	−0.72**	−0.17						
Days from T. I. to E. I.	S	−0.47*	−0.24	0.42					
	F	−0.91**	−0.82**	0.56*					
LAR in the R. S.	S	0.67**	0.43	−0.52*	−0.23				
	F	0.40	0.28	−0.35	−0.40				
L. I. rate	S	0.11	0.47	0.44	0.23	0.34			
	F	−0.80**	−0.67**	0.55*	0.69**	0.06			
TLN	S	0.76**	0.85**	−0.06	−0.17	0.68**	0.72**		
	F	0.50*	0.38	−0.41	−0.53*	0.76**	0.09		
Leaf area per plant	S	−0.44	−0.38	0.23	0.20	−0.61**	−0.10	0.37	
	F	−0.27	−0.46	−0.11	0.34	−0.19	0.17	−0.18	
Dry weight at dough stage	S	0.37	0.54*	0.18	−0.12	−0.01	0.32	0.46*	0.11
	F	0.07	0.16	0.07	0.00	−0.09	−0.16	−0.08	0.09

*,**Significant at 5% and 1% levels, respectively. S : Sprng , F : Fall.
S. E. : seedling emergence LAR : leaf appearance rate L. I. : leaf initiation
T. I. : tassel initiation E. I. : ear initiation TLN : total leaf number
V. S. : vegetative stage R. S. : reproductive stage

Table 8. Correlation coefficients among growth and differentiation characters of flint×flint kernel type in the spring and fall crop seasons.

Character	Crop season	Days from S. E. to T. I.	Leaf number at T. I.	LAR in the V. S.	Days from T. I. to E. I.	LAR in the R. S.	L. I. rate	TLN	Leaf area per plant
Leaf number at T. I.	S	0.17							
	F	−0.17							
LAR in the V. S.	S	−0.43	0.80**						
	F	−0.16	0.31						
Days from T. I. to E. I.	S	−0.40	−0.54	−0.25					
	F	−0.97**	0.22	0.31					
LAR in the R. S.	S	−0.62	0.09	0.45	0.05				
	F	0.25	0.75*	−0.12	−0.25				
L. I. rate	S	−0.87**	0.23	0.73*	0.15	0.82**			
	F	−0.95**	0.37	0.19	0.94**	−0.04			
TLN	S	−0.55	0.57	0.85**	−0.12	0.82**	0.89**		
	F	−0.31	0.77**	0.19	0.36	0.50	0.55		
Leaf area per plant	S	−0.49	−0.46	−0.13	0.03	0.49	0.32	0.11	
	F	−0.51	−0.42	0.45	0.59	−0.87**	0.38	−0.13	
Dry weight at dough stage	S	−0.57	−0.02	0.32	−0.07	0.77*	0.65	0.59	0.79**
	F	−0.73*	0.28	0.54	0.82**	−0.25	0.79*	0.56	0.65

*,**Significant at 5% and 1% levels, respectively. S：Sprng，F：Fall.
S. E. : seedling emergence LAR : leaf appearance rate L. I. : leaf initiation
T. I. : tassel initiation E. I. : ear initiation TLN : total leaf number
V. S. : vegetative stage R. S. : reproductive stage

參考文獻

1. 中央氣象局。1989—1990。農業氣象旬報。第36卷第28期～第37卷第15期。

2. 王強生、王碧玉、劉大江。1988。玉米對溫度與光週期之生長反應。中華農業研究 37：379—388。

3. 呂宗佳、謝光照、何千里、莊周瑞。1986。馬齒種及硬粒種自交系雜種優勢及組合力之全互交分析。中華農業研究 35：145—164。

4. 洪梅株、涂勳、曾富生。1984。玉米產量形成過程在春秋期作之變異。中華農學會報 新125：61—71。

5. Aitken, Y. 1980. The early maturing character in maize (*Zea mays* L.) in relation to temperature and photoperiod. Z. Acker Pflanzenbau. 194 ：89—106.

6. Arnold, C. Y. 1969. Inherited characteristics of sweet corn as they relate to the time required for development. J. Am. Soc. Hor. Sci. 94：112—115.

7. Breuer, C. M., R. B. Hunter, and L. W. Kannenberg. 1967. Effect of 10 and 20-hour photoperiod treatments at 20°C on rate of development of a single cross maize hybrid. Can. J. Plant Sci. 56 ：795—798.

8. Eik, K. and J. J. Hanway. 1965. Some factors affecting development and longevity of leaves of corn. Agron. J. 57：7—12.

9. Francis, C. A., C. O. Grogan, and D. W. Sperling. 1969. Identification of photoperiod-insensitive strain of maize. Crop Sci. 9：675—677.

10. Francis, C. A., V. D. Sarria, D. D. Harpstead, and C. C. Cassalett. 1970. Identification of photoperiod-sensitive strains of maize (*Zea mays* L.) II. Field test in the tropics with artificial lights. Crop Sci. 10：465—468.

11. Hasllauer, A. R. and D. Malithano. 1976. Evaluation of maize varieties for their potential as breeding populations. Euphytica 25 : 117—127.
12. Hebert, Y. 1990. Genetic variation of the rate of leaf appearance in maize : possible yield production at the early stage. Euphytica 46 : 237—247.
13. Hesketh, J. D., S. S. Chase, and D. K. Nanda. 1969. Environmental and genetic modification of leaf number in maize, sorghum, and Hungarian millet. Crop Sci. 9 : 460—463.
14. Hunter, R. B. 1980. Increased leaf area and yield of maize in short-season areas. Crop Sci. 20 : 571—574.
15. Hunter, R. B., L. A. Hunt, and L. W. Kannenberg. 1974. Photoperiod and temperature effects on corn. Can. J. Plant Sci. 54 : 71—78.
16. Hunter, R. B., M. Tollenaar, and C. M. Breuer. 1977. Effects of photoperiod and temperature on vegetative and reproductive growth of a maize (*Zea mays* L.) hybrid. Can. J. Plant Sci. 57 : 1127—1134.
17. Kang, M. S. and D. P. Gorman. 1989. Genotype×environment interaction in maize. Agron. J. 81 : 662—664.
18. Pearce, R. B., J. J. Mock, and T. B. Bailey. 1975. Rapid method for estimating leaf area per plant in maize. Crop Sci. 15 : 691—694.
19. Russell, W. K. and C. W. Stuber. 1983. Effects of photoperiod and temperature on duration of vegetative growth in maize. Crop Sci. 23 : 847—850.
20. Russell, W. K. and C. W. Stuber. 1984. Prediction of tassel initiation in corn. Crop Sci. 24 : 507—510.
21. Thiagarajah, M. R., and L. A. Hunt. 1982. Effects of temperature of leaf growth in corn (*Zea mays* L.) Can. J. Bot. 60 : 1647—1652.
22. Tollenaar, M., T. B. Daynard, and R. B. Hunter. 1979. Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. Crop Sci. 19 : 363—366.
23. Tollenaar, M. and R. B. Hunter. 1983. A photoperiod and temperature sensitive period for leaf number of maize. Crop Sci. 23 : 457—460.
24. Tollenaar, M., J. F. Muldoon, and T. B. Daynard. 1984. Difference in rate of leaf appearance among maize hybrids and phase of development. Can. J. Plant Sci. 64 : 759—763.
25. Warrington, I. J. and E. T. Kanemasu. 1983a. Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassel initiation and anthesis. Agron. J. 75 : 749—754.
26. Warrington, I. J. and E. T. Kanemasu. 1983b. Corn growth response to temperature and photoperiod. II. leaf initiation and leaf appearance rate. Agron. J. 75 : 755—761.
27. Warrington, I. J. and E. T. Kanemasu. 1983c. Corn growth response to temperature and photoperiod. III. leaf number. Agron. J. 75 : 762—766.
28. Yamaguchi, J. 1974a. Varietial traits limiting the grain yield of tropical maize. I. Growth pattern as affected by altitude and season. Soil Sci. Plant Nutr. 20 : 69—78.
29. Yamaguchi, J. 1974b. Varietial traits limiting the grain yield of tropical maize. II. The growth and yield of tall and short varieties. Soil Sci. Plant Nutr. 20 : 145—154.
30. Yamaguchi, J. 1974c. Varietal traits limiting the grain yield of tropical maize. III. Significance of tiller for productivity. Soil Sci. Plant Nutr. 20 : 155—161.
31. Yamaguchi, J. 1974d. Varietal traits limiting the grain yield of tropical maize. IV. Plant traits and productivity of tropical varieties. Soil Sci. Plant Nutr. 20 : 287—304.

Effects of Kernel Type and Crop Season on the Variations of Growth and Differentiation Traits in Maize[1]

G. J. Shieh[2] and F. S. Tseng[3]

Summary

Offsprings from a diallel cross including three inbrid lines each of flint and dent maize as parents were grown in the spring and fall crop seasons. Growth and differentiation characters were investigated to compare the differences among genotypes with flint, dent, and flint×dent kernel types. Combined analysis of variance over two crop seasons indicated that the effects of crop season, genotype, kernel type, genotype×season, and kernel type× season were highly significant for nine traits investigated, Day from seedling emergence to tassel initiation, days from tassel initiation to ear initiation, leaf initiation rate, leaf area per plant, and dry weight at dough stage were characteristics showing the most significant difference among kernel ytpes subjected to influences of crop seasons. Significant differences in growth and differentiation traits existed between crop seasons due to the pattern of temperature change during the growth course. Values of days from seedling emergence to tassel initiation, leaf number at tassel initiation, leaf appearance rate in reproductive stage, and leaf area per plant were higher, whereas those of leaf appearance rate in vegetative stage, days from tassel initiation to ear initation, and leaf initiation rate were lower, for spring crop than for fall crop. Correlation coefficients among traits varied for offsprings with different kernel types and between crop seasons. Most growth and differentiation characters were not correlated significantly with whole-plant dry weight at dough stage, and hence were not considered as suitable selection indexes for improvement of silage yield in maize.

Key words : Corn (*Zea mays* L.), Flint, Dent, Kernel type, Diallel, Differentiation.

---

1. Contribution No. 1663 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Assistant Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 413, ROC.
3. Professor, Department of Agronomy, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.